

# Комплект полупроводниковых дискретных приборов и ИМС

## для интеллектуальных силовых модулей управления электроприводами

**В статье приведено краткое описание конструкции и технических характеристик простого интеллектуального силового модуля управления электроприводом, разработанного на базе комплекта полупроводниковых дискретных приборов и ИМС компании «Микроника» для кондиционеров и другой бытовой техники.**

**Владимир Котов**

vladimir@dms-lab-msq.com

**Андрей Тарайкович**

**Владимир Токарев,  
к. ф. – м. н.**

**Введение**

В настоящее время мы не представляем себе комфортабельное существование без кондиционированного воздуха. Аэрокондиционеры установлены практически во всех современных зданиях и помещениях. Это большая ниша рынка электронного оборудования, поэтому созданию блоков управления работой климатической техники разработчики уделяют значительное внимание. Аппаратура управления включает в себя силовую часть, электронный привод и контроллер управления алгоритмами.

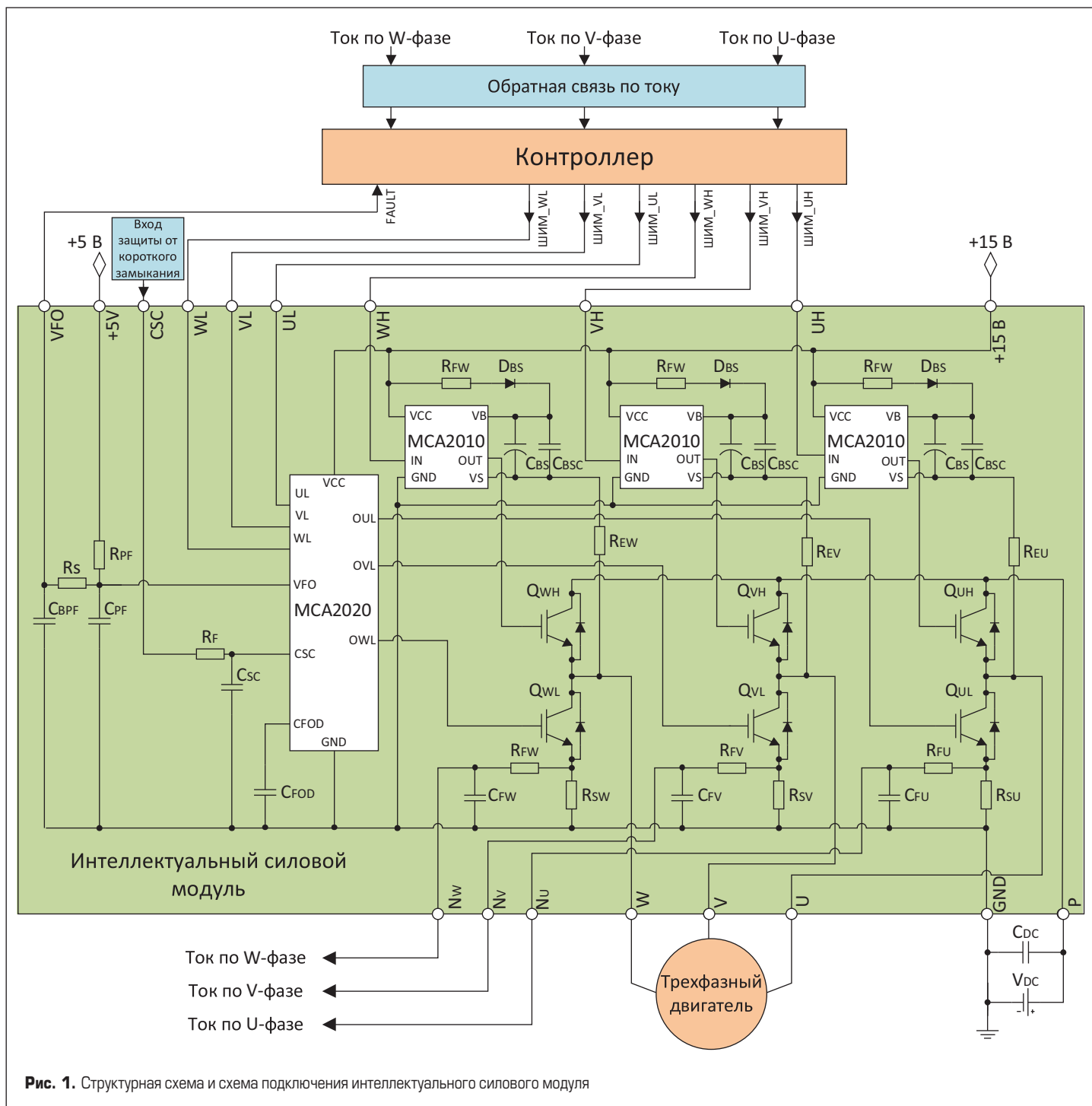
Основным электронным блоком электропривода, определяющим его экономичность, точность позиционирования, диапазон регулирования мощностных параметров и скорости вращения вала, является силовой модуль, предназначенный для преобразования «сетевой» электрической энергии в регулируемое напряжение постоянного или переменного тока в широком диапазоне частот, а также для получения, обработки, хранения, распределения и выдачи информации об изменяющихся параметрах технологического процесса. В современных управляющих устройствах электропривода бытовой техники (при мощности менее 3,7 кВт) используются интеллектуальные силовые модули (ИСМ), состоящие из IGBT-модуля (IGBT+антипараллельный быстрый диод) и силовой интегральной микросхемы (СИМС).

Несмотря на замедление темпов роста рынка полупроводниковой электроники в 2011 г. (1,2% роста по сравнению с 2010 г.) [1, 2], рынок IGBT- и интеллектуальных силовых модулей для бытового и промышленного применения в электроприводах продолжает динамично развиваться. Ожидается, что к 2015 г. продажи интеллектуальных силовых модулей возрастут на 35%, а продажи IGBT-модулей увеличатся вдвое [3]. Вследствие этого очевидно увеличение спроса на силовые интегральные микросхемы, IGBT и быстрые диоды.

**Структура интеллектуального силового модуля**

Типовой вариант реализации интеллектуального силового модуля управления трехфазным электродвигателем с использованием комплекта СИМС и IGBT с антипараллельными диодами компании «Микроника» представлен на рис. 1. В состав модуля входят шесть пар сборок IGBT+антипараллельный диод, способных работать на частотах ШИМ до 20 кГц, что позволяет минимизировать акустические шумы (одно из основных потребительских качеств современной бытовой техники) и обеспечивает широкий диапазон регулирования скорости. Для управления ключами инвертора в модуле применяются три драйвера верхних ключей MCA2010, каждый со встроенной схемой защиты от пониженного напряжения (UVLO), и один трехканальный драйвер нижних ключей MCA2020 со встроенной схемой защиты от перегрева (OTP), пониженного напряжения (UVLO), короткого замыкания (OCP) с выходным сигналом о неисправности (FAULT). Наличие в модуле высоковольтных интегрированных схем драйверов верхних ключей существенно упрощает схемотехнику системы управления электродвигателями и уменьшает габариты конечного регулирующего устройства. Схема защиты от пониженного напряжения (UVLO) прекращает работу IGBT при падении напряжения управления, таким образом, исключается линейный режим работы транзистора.

Драйверы ключей в модуле совместимы с любыми типами логики КМОП и TTL, что позволяет подавать управляющие сигналы от микроконтроллера непосредственно на входы управления ключей без дополнительной внешней логики. Как драйверы верхних ключей, так и драйвер нижних ключей запитаны от единственного источника питания с напряжением 15 В. Драйверы верхних ключей имеют

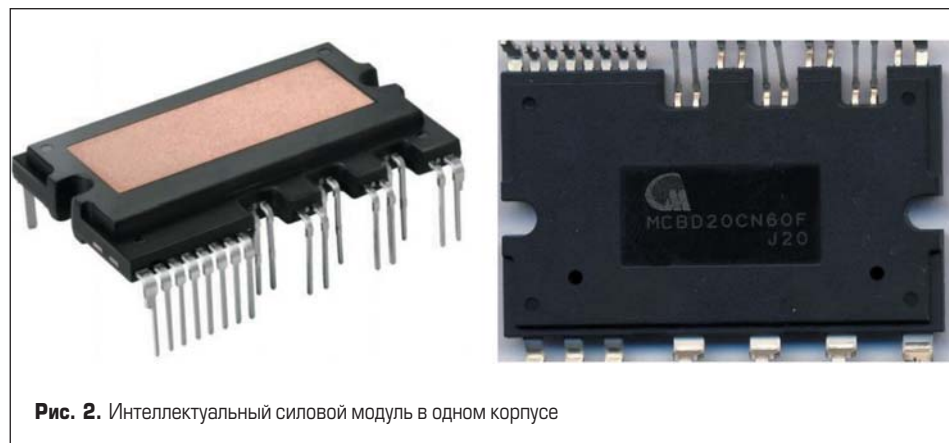


встроенную схему смещения уровней, что позволяет подключать управляющие цепи без оптронной или трансформаторной развязки. В модуле присутствуют бутстреппные диоды  $D_{BS}$  и конденсаторы  $C_{BS(C)}$  для питания высоковольтной части драйверов верхних ключей и RC-цепи для управления временем срабатывания защиты от короткого замыкания ( $R_F$ ,  $C_{SC}$ ) и длительностью сигнала о нештатной ситуации ( $R_S$ ,  $C_{PF}$ ,  $C_{FOD}$ ). Также дополнительно силовой модуль содержит токовые шунты  $R_{FU(FV,FW)}$  в цепях эмиттеров нижних ключей для контроля тока по каждой фазе.

Для реализации функционально законченного устройства управления трехфазным электродвигателем на основе данного интеллектуального силового модуля требуется минимальное количество дополнительных компонентов: микроконтроллер, сетевой

фильтр и несложный интерфейс для передачи информации о нештатных ситуациях (перегрев, перегрузка по току).

Все составляющие интеллектуального силового модуля реализуются в одном корпусе (рис. 2). При этом силовой модуль может



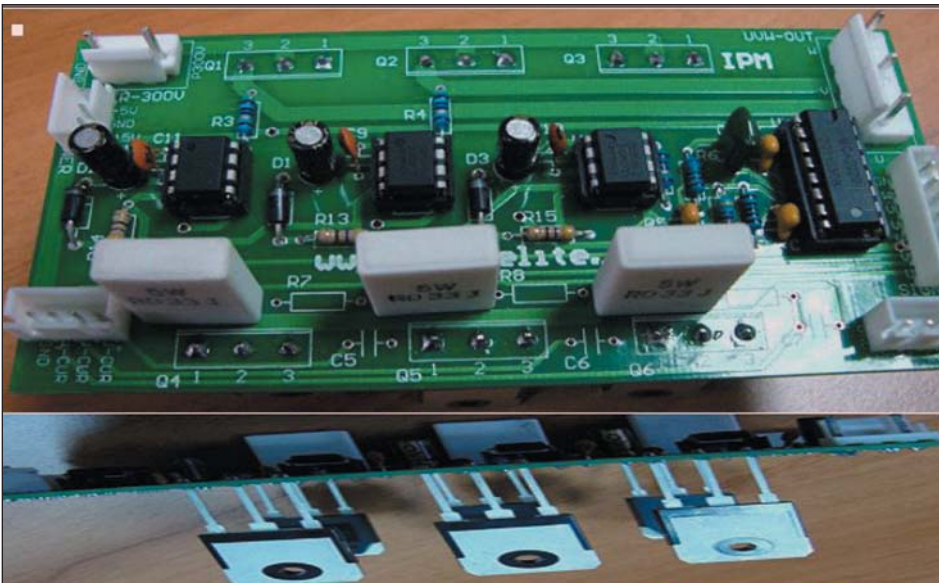


Рис. 3. Реализация интеллектуального силового модуля на плате

Таблица. Краткие технические характеристики серии IGBT с  $V_{ce} = 600$  В

Наименование параметра	8U60D	12U60D	16U60D	20U60D	24U60D	36U60D	48U60D
Максимальный ток коллектора при $T_c = +25$ °C, $I_{c25}$ , А	8	12	16	20	24	36	48
Максимальный ток коллектора при $T_c = +100$ °C, $I_{c100}$ , А	4	6	8	10	12	18	24
Типовое напряжение коллектор-эмиттер в открытом состоянии при $I_{c100}$ , $T_j = +25$ °C, $V_{GE} = 15$ В, $V_{ce(on)}$ , В	1,75	1,75	1,75	1,7	1,7	1,65	1,6
Пороговое напряжение при $I_c = 150$ мкА, $V_{GE(th)}$ , В	мин./макс. — 7,0/3,5						
Типовой ток утечки при $V_{ce} = 600$ В, $T_j = +25$ °C, $I_{CES}$ , мкА	1	1	1	1,5	2	2	3

Примечание:  $T_c$  — температура корпуса TO-220AB;  $T_j$  — температура кристалла;  $V_{GE}$  — напряжение на затворе.

быть выполнен в стандартном виде, как блок на обычной плате (рис. 3).

### IGBT-транзисторы с антипараллельными диодами

Семейство 600-В IGBT компании «Микроника» в первую очередь ориентировано на использование в системах управления электроприводом, индукционных системах нагрева, электронных балластах. IGBT и быстрые антипараллельные диоды могут поставляться потребителю как в одном корпусе типа TO-220AB (Co-Packs сборка), так и в виде отдельных кристаллов для дальнейшей сборки в IGBT- и интеллектуальные модули. Краткие технические характеристики транзисторов приведены в таблице [4].

В производстве IGBT могут использоваться планарный процесс и процесс с канавочным затвором (trench-IGBT), позволяющий значительно уменьшить размер кристалла. Хотя оба типа транзисторов позволяют работать на индуктивную нагрузку, при выборе для конкретной схемы применения необходимо учитывать их динамические параметры. Для изготовления быстрых диодов используется планарный техпроцесс с четырьмя фотолитографическими масками.

### СИМС драйвера верхних ключей MCA2010

СИМС драйвера верхнего ключа MCA2010 характеризуется наличием схемы высоко-

вольтного (до 600 В) сдвига уровня управляющего напряжения и цепей вольтодобавки. Это позволяет использовать ее для управления верхними ключами без применения дополнительных источников с гальванической развязкой и изолирующих каналов передачи сигналов. Структурная схема драйвера верхнего ключа MCA2010 приведена на рис. 4.

Основные характеристики [4]:

- диапазон напряжения питания ( $V_{CC}-GND$ ) и ( $V_B-V_S$ ) 10–15 В;
- максимальное напряжение питания ( $V_B-GND$ ) 600 В;
- низкая потребляемая мощность;
- расширенный диапазон допустимого отрицательного напряжения  $V_S = -9,8$  В при  $V_B = 15$  В;
- защита от пониженного напряжения питания (UVLO) для  $V_B$ ;
- входной интерфейс 3,3 и 5 В CMOS/LSTTL.

Микросхема изготавливается по оригинальному BCD-технологическому процессу (200–700 В, 2 мкм) компании «Микроника», предназначенному для разработки и изготовления цифро-аналоговых ИМС CV/CC-переключателей и драйверов с высоковольтным выходом для работы на индуктивную и резистивную нагрузки.

### СИМС драйверов нижних ключей MCA2020

Драйверы нижних ключей MCA2020 предназначены для управления ключом, потенциал затвора и потенциал истока (эмиттера) которого в открытом состоянии близки к нижнему потенциалу входного напряжения преобразователя. Структурная схема драйверов нижних ключей MCA2020 приведена на рис. 5.

Основные характеристики [4]:

- диапазон напряжения питания  $V_{CC}$  10–15 В;
- температурная защита;
- вход для срабатывания защиты от короткого замыкания;
- выход сигнала ошибки;
- вход для задания минимальной длительности сигнала ошибки;
- защита от пониженного напряжения питания (UVLO) для  $V_{CC}$ ;
- входной интерфейс 3,3 и 5 В CMOS/LSTTL.

Для изготовления ИМС используется стандартный 20–40 В биполярный техпроцесс, позволяющий получать ИМС с оптимальным соотношением.

\* \* \*

В заключение отметим, что данное решение базируется на простом производстве конкурентной активной комплектации, где возможно использование производственных линий с проектными нормами 1,5–2 мкм со стандартным набором оборудования.

Использование комплекта полупроводниковых дискретных приборов и ИМС компании «Микроника» позволяет построить интеллектуальный силовой модуль как в одном силовом корпусе, так и на плате со следующи-

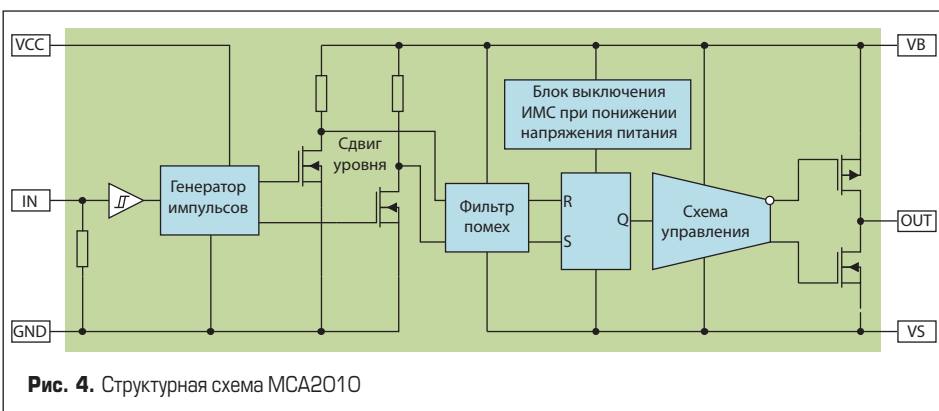


Рис. 4. Структурная схема MCA2010

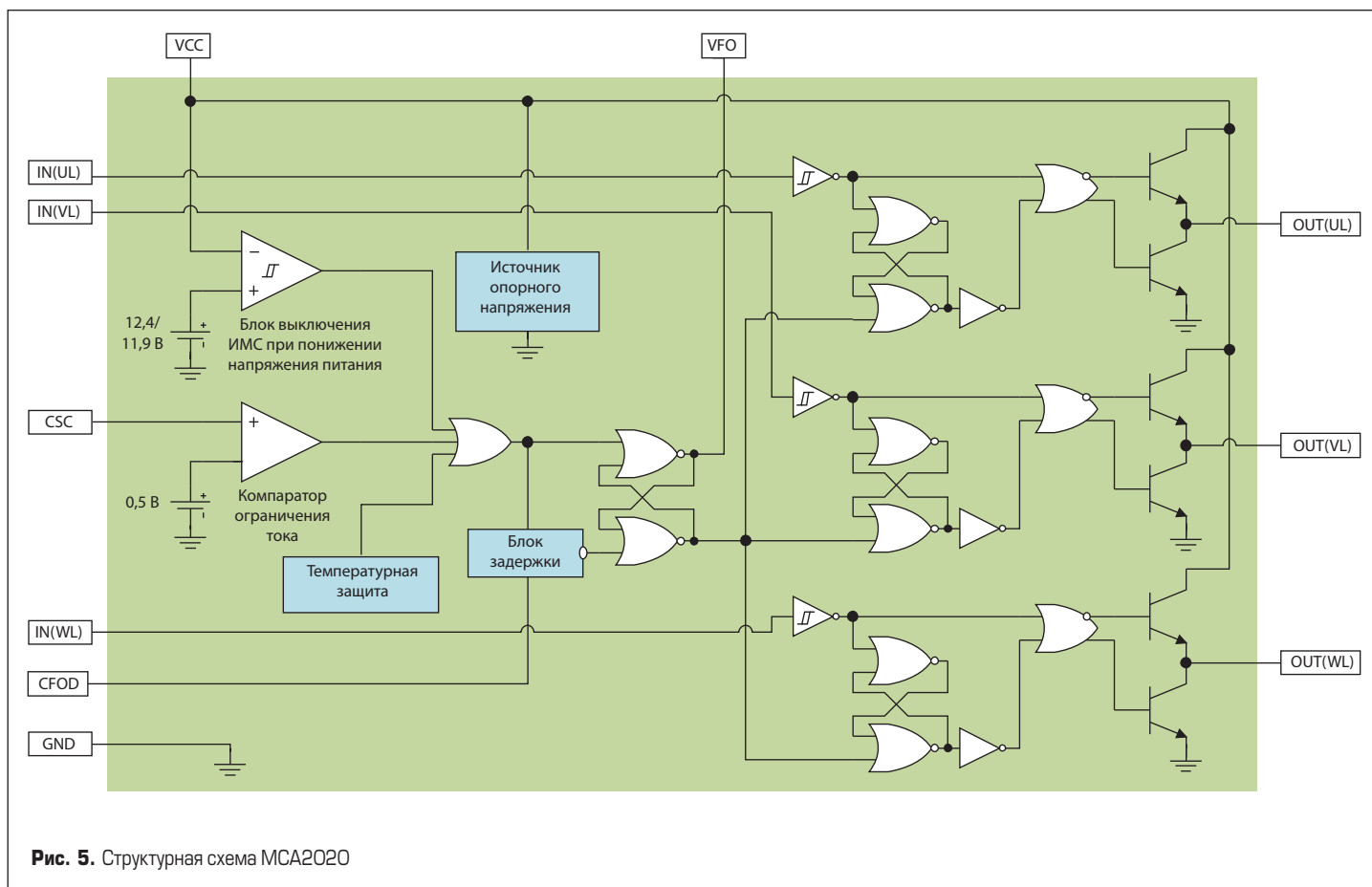


Рис. 5. Структурная схема MCA2020

ми техническими характеристиками и функциями:

- рабочее напряжение/ток — 600 В/4–24 А (при  $T = +100\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- рабочая частота до 20 кГц;
- трехфазный IGBT-инвертор с цепями защиты OCP, UVLO, OTP;
- интерфейс, не требующий гальванической развязки, и единый заземленный источник питания для всех драйверов.

Использование интеллектуального силового модуля увеличивает эффективность преобразования электрической энергии в трехфазном электроприводе, уменьшает шумы и вибрации, интегрированные сервисные функции модуля упрощают управление двигателем, что позволяет улучшить потребительские характеристики (габариты, энергопотребление, надежность и др.) устройств, работающих в бытовой сети переменного тока.

#### Литература

1. Scharf A. Light or Shade in 2012 // Power Electronics Europe. 2011.
2. Cloudy Outlook for Semiconductors Globally until 2013 // Power Electronics Europe. 2011.
3. Inverter Technology Trends & Market Expectations. YOLE Development. 2012. [www.i-micronews.com/](http://www.i-micronews.com/)
4. <http://te.vrn.ru/index.html>.